

Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*

Fiber length measurement from the determination of juvenile wood in *Eucalyptus citriodora*

Fred Willians Calonego
Elias Taylor Durgante Severo
Priscila Paula Assi

RESUMO: A madeira juvenil apresenta características bastante peculiares a partir de sua estrutura anatômica e de suas propriedades físico-mecânicas, sendo portanto fundamental o seu conhecimento para a adequada utilização da madeira. O objetivo do trabalho foi verificar região de ocorrência da madeira juvenil no sentido medula-casca em *Eucalyptus citriodora*. Determinou-se a região de madeira juvenil e adulta, através da mensuração do comprimento das fibras em várias alturas no fuste das árvores. Os resultados mostraram que a região de madeira juvenil dessa espécie ocorre aproximadamente entre 45 e 55 mm a partir da medula.

PALAVRAS-CHAVE: Lenho juvenil, Mensuração do comprimento das fibras, *Eucalyptus citriodora*

ABSTRACT: The juvenile wood has peculiar characteristics from the anatomical structure and physical-mechanical properties, considering these aspects the knowledge of the wood is essential for wood adequate utilization. The aim of this work was to determinate the zone of juvenile wood of pith-bark direction in *Eucalyptus citriodora*. The juvenile and mature wood zones were determined across fiber length measurement in various height in the tree stem. Results showed that juvenile wood zone occurs approximately up to the 45 at 55 mm from the pith.

KEYWORDS: Juvenile wood, Fiber length measurement, *Eucalyptus citriodora*

INTRODUÇÃO

A heterogeneidade da madeira causa uma série de transtornos para sua indústria de transformação e processamento. A descontinuidade física desse material se dá devido a vários fatores: espécie, tratos silviculturais e principalmente estrutura anatômica da madeira.

A madeira juvenil é aquela formada pelo câmbio na seção transversal do fuste nos primeiros anos de vida. Essa madeira também pode ser referida como aquela mais próxima da medula que, do ponto de vista tecnológico, é diferenciada da madeira adulta em diversas propriedades.

A grande diferença em termos de madeira juvenil em relação à madeira adulta está na mag-

nitude das alterações anatômicas e físicas, que ocorrem no sentido da medula para a casca do tronco.

As características anatômicas envolvidas nas mudanças são: comprimento da fibra e/ou traqueídes; ângulo microfibrilar; proporções dos tipos de células; diâmetro celular e espessura da parede celular.

Segundo a literatura, os estudos sobre a madeira juvenil em coníferas estão consolidados, porém em madeiras de folhosas os limites de formação da madeira juvenil ainda não estão claramente conhecidos

O gênero *Eucalyptus* tem sido amplamente utilizado pela indústria madeireira como substi-

tuto imediato de madeiras nativas, porém possui como característica a presença de grande proporção de madeira juvenil, fato que dificulta os processos de transformação da madeira.

Esse estudo teve como objetivo, verificar a região de ocorrência da madeira juvenil no sentido medula-casca em *Eucalyptus citriodora*.

REVISÃO DE LITERATURA

A madeira juvenil ocorre na região central da árvore e apresenta a forma de um cilindro, com diâmetro quase uniforme, desde a base até o topo da árvore (EVANS *et al.*, 2000; MEGRAW, 1985; SENFT *et al.*, 1985; THOMAS, 1985 e ZOBEL e VAN BUIJTENEN, 1989).

Há maior proporção de madeira juvenil no topo da árvore e menor proporção da mesma na base (ZOBEL e TALBERT, 1984). O topo de uma árvore velha consiste essencialmente de madeira juvenil, e todo o lenho formado com mais de 10,2 cm do topo de *Pinus taeda* é madeira juvenil (ZOBEL *et al.*, 1972).

Há várias hipóteses para a formação da madeira juvenil. Richardson (1959), diz que há relação entre a idade da árvore e as diferenças de densidade entre a madeira juvenil e a adulta. Plumtre (1983) estudando *Pinus caribaea* verificou, que a formação da madeira juvenil e a transição para a madeira adulta varia com a constituição genética da árvore, com o sítio, com o clima e com as atividades silviculturais.

Entretanto, Gartner (1996), citada por Oliveira (1997), afirma que a auxina encontrada na casca fotossintética (primeira periderme) causa a formação de madeira juvenil ou previne a formação de madeira adulta. A localização da transição madeira juvenil/adulta, está sistematicamente e casualmente relacionada com a transição entre a casca fotossintética e a não fotossintética (ponto de formação da segunda periderme).

Para Bendtsen (1978) a madeira juvenil é o xilema secundário produzido durante a fase jovem da árvore, mais precisamente pelas regiões cambiais que são influenciadas pela atividade dos meristemas apicais.

Segundo Thomas (1985) e Senft *et al.* (1985), a madeira juvenil corresponde de 5 a 20 anéis de crescimento. Entretanto, Massey e Reeb (1989) apresentam um método prático e rápido para estimar o volume de madeira juvenil, chamado de regra do polegar, a qual considera todo anel a partir

da medula até a espessura do polegar, como sendo madeira juvenil. Para os mesmos autores, em toras de *Pinus taeda*, corresponde a um número de dez anéis de crescimento.

Porém, Ballarin e Lara Palma (2003) estudando a madeira juvenil em *Pinus taeda* verificaram através da mensuração do comprimento dos traqueídes que a madeira juvenil localiza-se da medula até aproximadamente o décimo oitavo anel de crescimento.

Oliveira (1997) verificou que nas árvores de *Eucalyptus grandis*, de 16 anos de idade, é grande a proporção de lenho juvenil, o qual corresponde a um raio próximo de 80mm. O mesmo autor, estudando *Eucalyptus citriodora*, concluiu pela análise do perfil densitométrico da madeira que a formação da madeira juvenil parece estar confinada nos primeiros 30 a 40mm de raio.

O uso do termo madeira juvenil é de certa forma errônea, pois não há uma mudança abrupta da madeira juvenil para a adulta, mas sim uma variação das propriedades físicas, químicas, mecânicas e anatômicas da madeira em um período longo de anos, caracterizando assim a zona juvenil que apresenta propriedades variáveis se comparada com a zona adulta, que as tem de forma constante (ZOBEL, 1980).

Bendtsen (1978), Zobel e Van Buijtenen (1989) e Zobel e Sprague (1998) afirmam que, comparada à madeira adulta, a madeira juvenil de coníferas é caracterizada por menor massa específica, traqueídes menores, maiores ângulos microfibrilares, menor contração transversal, maior contração longitudinal, menor resistência mecânica, maior teor de umidade, paredes celulares finas, maiores diâmetros dos lumes celulares e com menor teor de celulose e maior teor de lignina.

Para Erickson e Harrison (1974), Krahmer (1986) e Zobel (1980) o comprimento das fibras e/ou traqueídes constitui na principal variável de definição do limite entre a madeira juvenil e a adulta.

Próximo à medula as fibras são curtas, possuem menor diâmetro e têm paredes mais finas e aumentam rapidamente da zona de madeira juvenil em direção à casca (DADSWELL, 1958; MAEGLIN, 1987; OLIVEIRA, 1997 e THOMAS, 1985).

Segundo Dadswell (1958) o comprimento das fibras, para as folhosas, é duas vezes maior na madeira adulta do que na juvenil e para as coníferas, essa variação é de três a quatro vezes.

Segundo Hillis (1978), em madeiras de Eucalipto os limites de formação de madeira juvenil

ainda não estão claramente conhecidos e poucas comparações têm sido feitas, entre as propriedades da madeira próxima da medula e àquela normal ou adulta.

Abuter (1989), estudando algumas propriedades físicas da madeira juvenil de *Eucalyptus globulus* verificou que a massa específica básica aumenta da medula à casca de 0,56 a 0,72g/cm³. As contrações da madeira também aumentam do centro à periferia do fuste, e variam de 4,7 a 5,7% (radial) e de 7,1 a 10,0% (tangencial). A madeira retirada próxima da casca apresenta grau de recuperação do colapso superior (4,0%) ao da madeira próxima da medula (2,1%).

Entretanto, Evans *et al.* (2000) afirma que, o comportamento da madeira juvenil em coníferas foi muito explorado e comparativamente o comportamento da madeira juvenil em folhosas foi pouco estudado.

MATERIAL E MÉTODOS

A madeira utilizada neste trabalho foi obtida de árvores de *Eucalyptus citriodora* provenientes de plantios de 32 anos de idade, localizados no Horto Florestal de Manduri, SP.

Selecionaram-se aleatoriamente 4 árvores, das quais foram retirados discos, sendo o primeiro a 0,30 metros de altura e os demais espaçados de 4,00 em 4,00 metros até um diâmetro mínimo de 20 cm.

Todos os discos foram bitolados com espessura de 2,5 cm. De cada disco retirou-se uma cunha de 45° e dessa cunha retirou-se uma “bagueta” que continha madeira desde a medula até a casca. Cada “bagueta” foi dividida em sub-amostras de 0,5 cm a partir da medula até a periferia. O esquema simplificado da coleta do material pode ser visualizado na Figura 1.

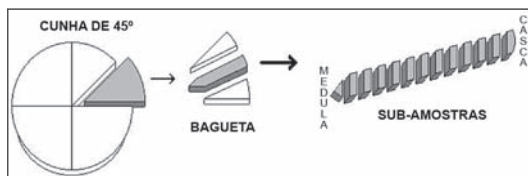


Figura 1. Esquema da retirada do material para o estudo.

(Outline of the withdrawal of the material for the study)

Para o estudo anatômico foram seguidas as recomendações do método modificado de Franklin (citado por TAYLOR, 1975).

O número de fibras mensurados em cada uma das sub-amostras foi determinado em função do teste estatístico simples (teste de N) aplicando-se as equações (1) e (2).

$$N = (t^2 * S^2)/E^2 \quad (1)$$

onde:

N = número de repetições;

t = teste “t” de “Student”, tabelado;

S² = variância amostral.

sendo:

$$E^2 = (0,1 * x)^2 \quad (2)$$

onde:

x = média dos valores amostrados.

As observações e medições das fibras foram realizadas através de um microscópio com projeção e uma régua de escala micrométrica, no Laboratório de Anatomia da Madeira da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP de Botucatu, SP.

Os limites entre as regiões de madeira juvenil e adulta foram estabelecidos através de uma análise de regressão entre a distância radial no sentido medula-casca e os comprimentos médios de suas respectivas fibras. A regressão foi estabelecida considerando-se um nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos gráficos das Figuras 2 a 9 são apresentadas as curvas resultantes do comprimento médio das fibras na direção radial, nas várias alturas no fuste das árvores, em função da distância radial, a partir da medula, em mm.

Os coeficientes de determinação das equações ajustadas respectivamente para as alturas 0,3; 4,3; 8,3; 12,3; 16,3; 20,3; 24,3 e 28,3 metros foram respectivamente R²= 98,2; 97,2; 97,1; 94,5; 95,2; 98,9; 97,0 e 73,7%, e considerados altamente significativos.

O comprimento das fibras mostrou um aumento acentuado e praticamente linear da ordem de 50,6; 59,9; 58,5; 59,4; 40,4; 50,4; 49,7 e 13,5% para as respectivas alturas no fuste das árvores, até uma distância radial que varia de 45 a 55 mm em relação à medula conforme mostram as Figuras 2 a 9. A partir dessa distância radial até a periferia do tronco, a taxa de aumento no comprimento das fibras diminuiu, tendendo para um valor mais estável e quase constante.

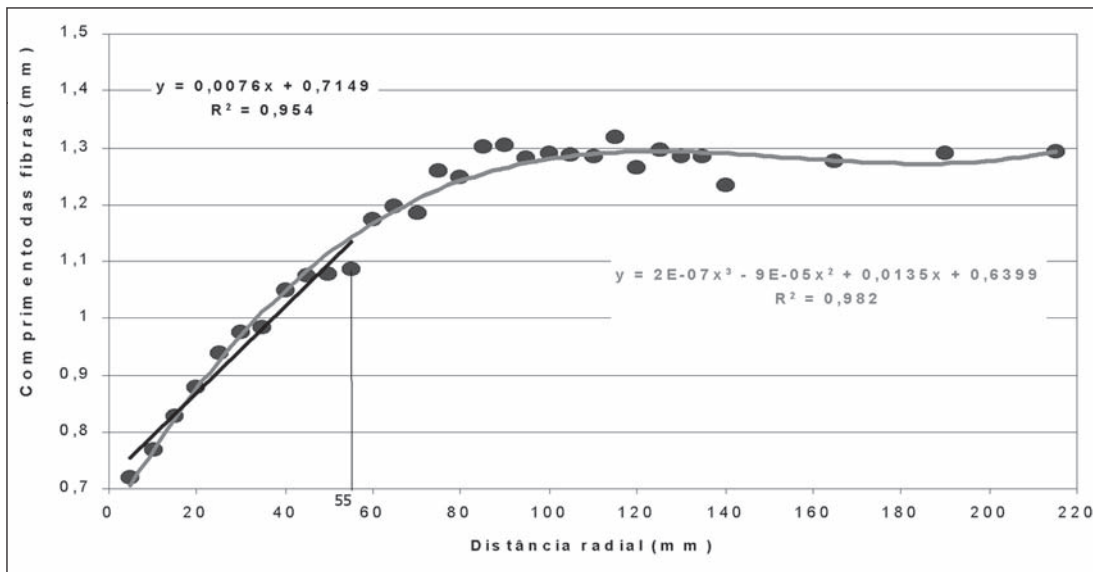


Figura 2. Variação do comprimento da madeira juvenil e adulta a 0,3 metros de altura. (Variation of fiber length on juvenile and mature wood at 0,3 meters height)

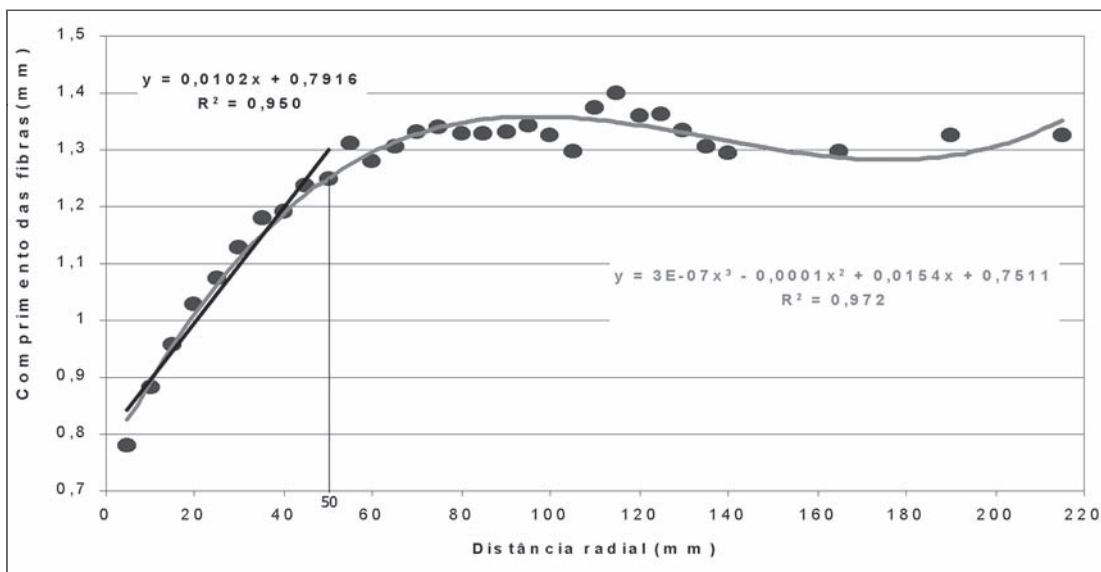


Figura 3. Variação do comprimento da madeira juvenil e adulta a 4,3 metros de altura. (Variation of fiber length on juvenile and mature wood at 4,3 meters height)

Os valores médios do comprimento das fibras verificados neste trabalho para as madeiras juvenil e adulta encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Nas figuras 2 a 9 observam-se também as regressões lineares resultantes entre a medula e o ponto de transição da madeira juvenil para a adulta, complementando assim a análise visual da tendência dos dados como um modo de en-

contrar, de forma aproximada, o limite entre a madeira juvenil e a adulta.

Oliveira (1997) encontrou valores semelhantes ao estudar *Eucalyptus citriodora*. O mesmo autor concluiu pela análise do perfil densitométrico desta madeira que a formação da madeira juvenil parece estar confinada nos primeiros 30 a 40mm de raio.

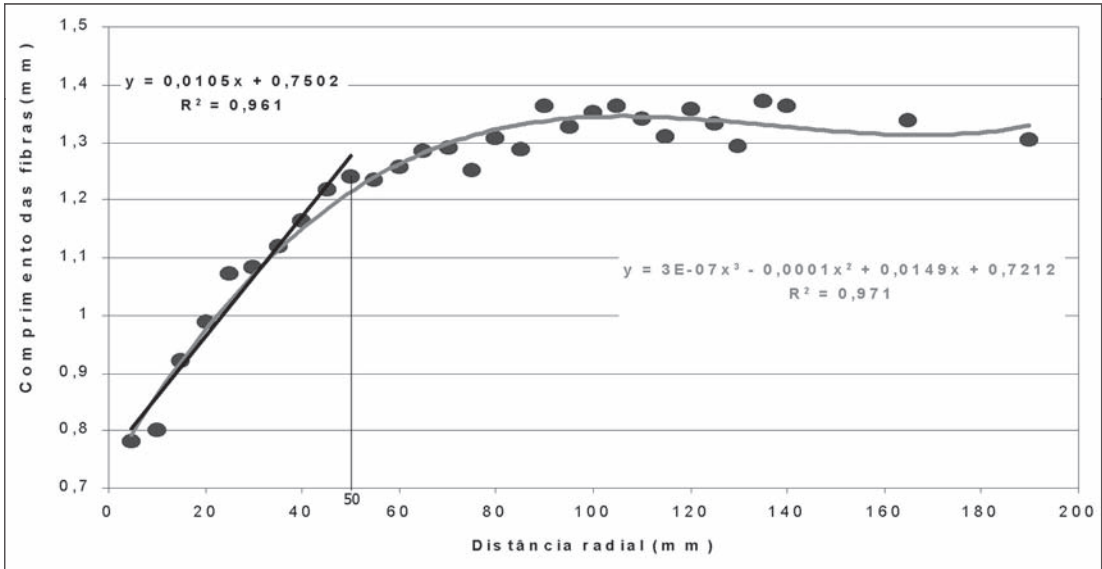


Figura 4. Variação do comprimento da madeira juvenil e adulta a 8,3 metros de altura. (Variation of fiber length on juvenile and mature wood at 8,3 meters height)

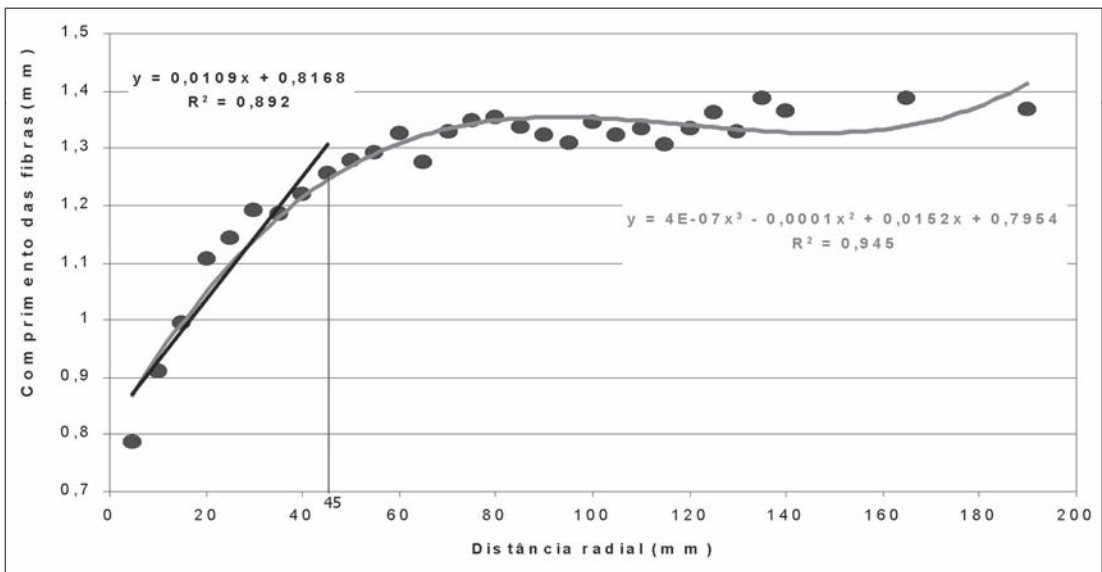


Figura 5. Variação do comprimento da madeira juvenil e adulta a 12,3 metros de altura. (Variation of fiber length on juvenile and mature wood at 12,3 meters height)

Essa tendência é característica na formação de madeira juvenil nos primeiros anos da árvore, comportamento este semelhante ao descrito e observado por vários autores, tais como Bendtsen (1978), Dadswell (1958), Maeglin (1987), Oliveira (1997), Thomas (1985), Zobel e Van Buijtenen (1989) e Zobel e Sprague (1998).

De acordo com esse comportamento e utilizando a inspeção visual da tendência do comprimento das fibras, a região compreendida entre 30 e 45-55 mm (dependendo da posição no fuste da árvore) foi considerada de transição, ficando definidas no estudo a região de madeira adulta desde 45-55 mm até a periferia do tronco, como mostram as Figuras 2 a 9.

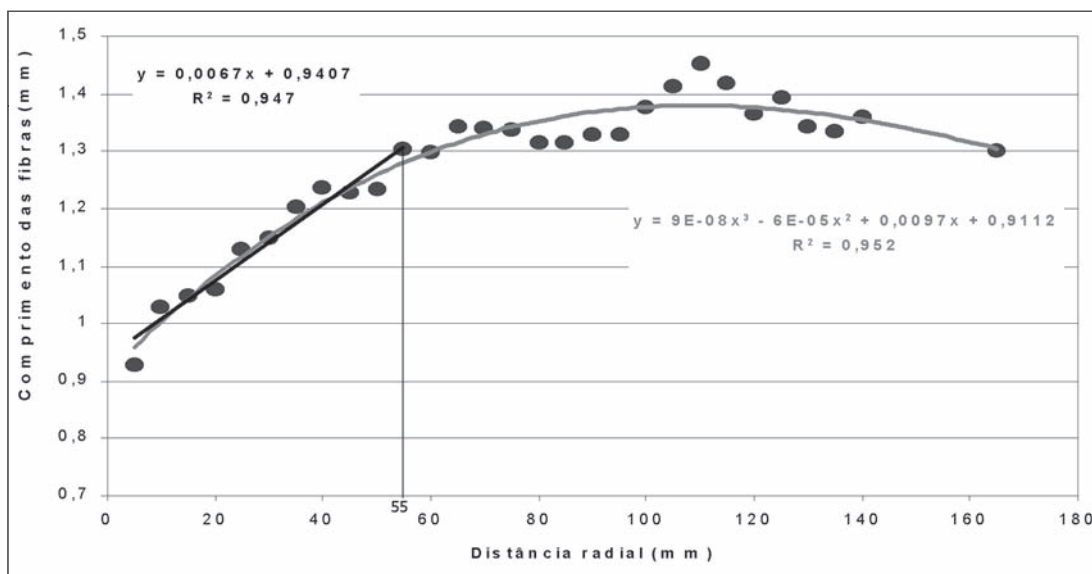


Figura 6. Variação do comprimento da madeira juvenil e adulta a 16,3 metros de altura. (Variation of fiber length on juvenile and mature wood at 16,3 meters height)

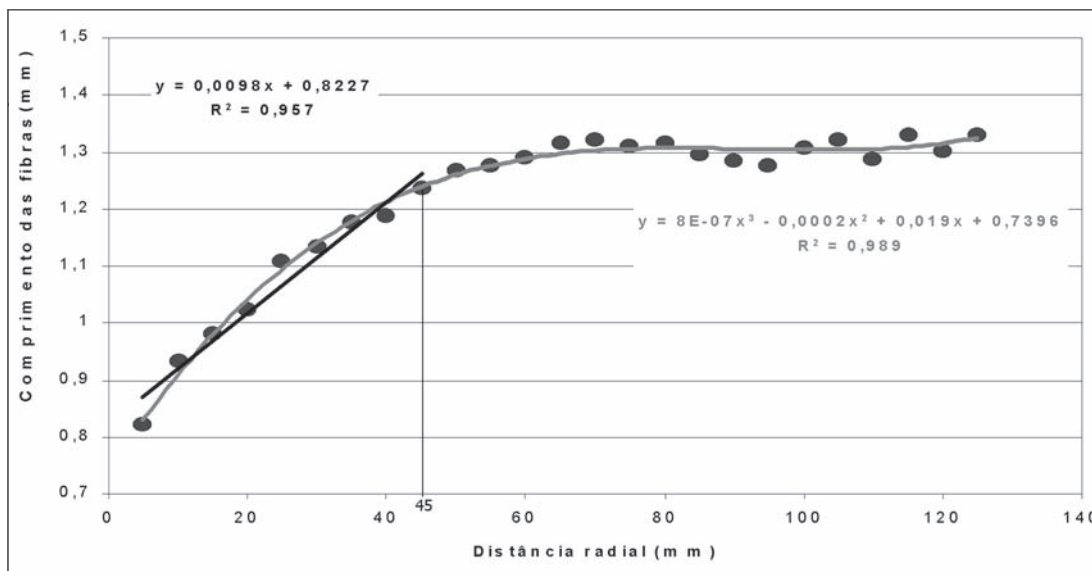


Figura 7. Variação do comprimento da madeira juvenil e adulta a 20,3 metros de altura. (Variation of fiber length on juvenile and mature wood at 20,3 meters height)

Tabela 1. Comprimento das fibras da madeira juvenil de *Eucalyptus citriodora*. (*Eucalyptus citriodora* juvenile wood fiber length)

Altura no Fuste (m)	0,3	4,3	8,3	12,3	16,3	20,3	24,3	28,3
Comprimento mínimo (mm)	0,605	0,611	0,619	0,598	0,816	0,710	0,704	1,056
Comprimento máximo (mm)	1,170	1,389	1,258	1,400	1,399	1,370	1,261	1,198
Comprimento médio (mm)	0,943	1,071	1,039	1,089	1,140	1,067	1,041	1,120
Desvio-padrão (mm)	0,144	0,176	0,167	0,203	0,144	0,167	0,149	0,039
Coefficiente de variação (%)	15,30	16,42	16,10	18,61	12,59	15,64	14,33	3,50

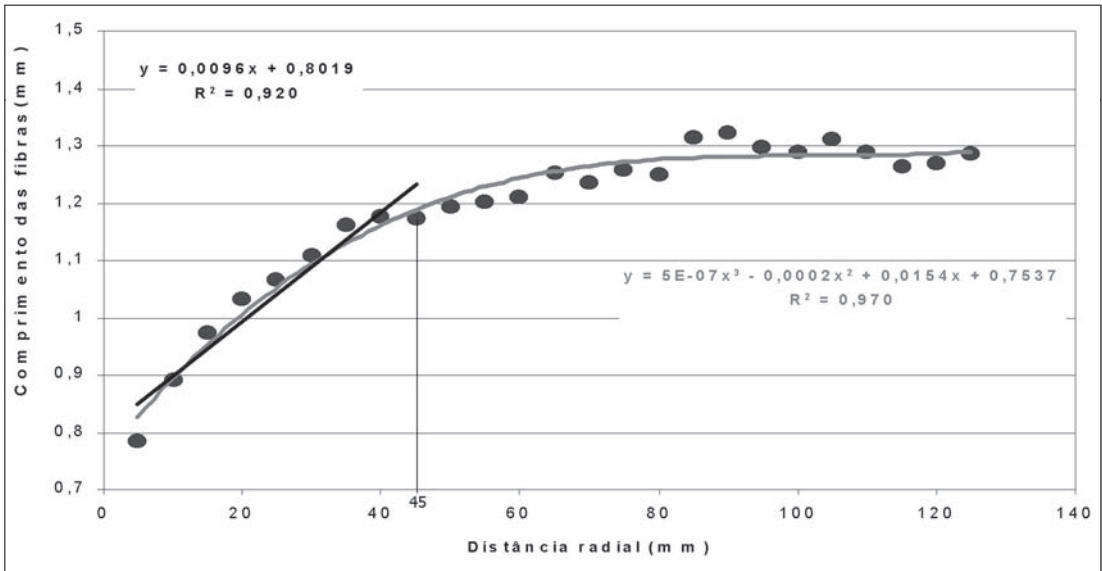


Figura 8. Variação do comprimento da madeira juvenil e adulta a 24,3 metros de altura. (Variation of fiber length on juvenile and mature wood at 24,3 meters height)

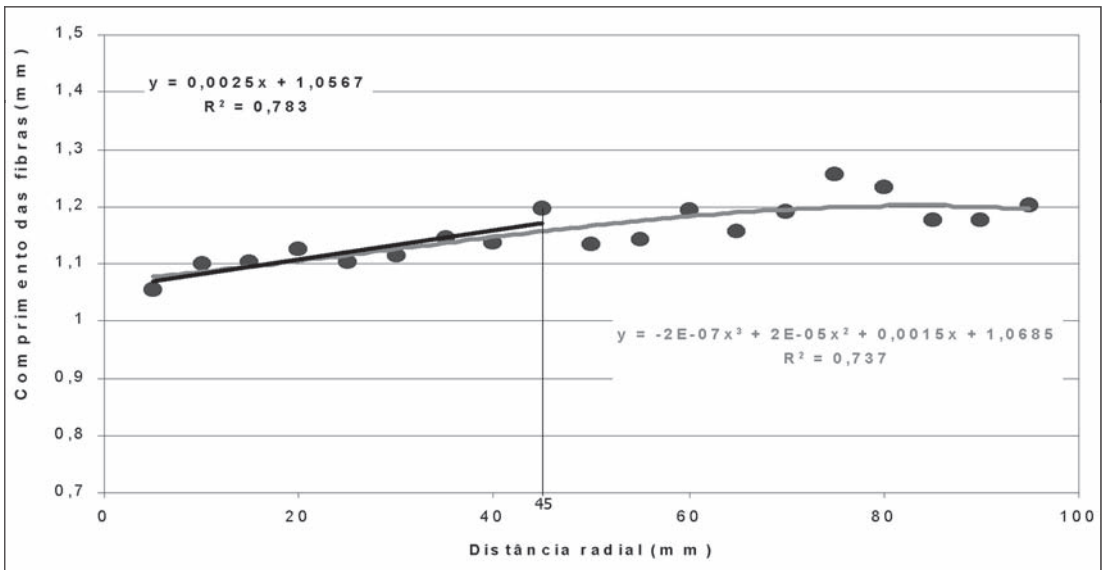


Figura 9. Variação do comprimento da madeira juvenil e adulta a 28,3 metros de altura. (Variation of fiber length on juvenile and mature wood at 28,3 meters height)

Tabela 2. Comprimento das fibras da madeira adulta de *Eucalyptus citriodora*. (*Eucalyptus citriodora* mature wood fiber length)

Altura no Fuste (m)	0,3	4,3	8,3	12,3	16,3	20,3	24,3	28,3
Comprimento mínimo (mm)	1,099	1,157	1,195	1,150	1,178	1,084	1,079	1,135
Comprimento máximo (mm)	1,455	1,482	1,469	1,448	1,479	1,408	1,365	1,256
Comprimento médio (mm)	1,267	1,328	1,310	1,327	1,350	1,300	1,257	1,186
Desvio-padrão (mm)	0,090	0,098	0,095	0,103	0,082	0,101	0,071	0,038
Coefficiente de variação (%)	7,10	7,36	7,22	7,77	6,08	7,76	5,64	3,20

Com os dados obtidos verifica-se que a madeira juvenil apresenta a forma de um cilindro, com diâmetro quase uniforme, em todo o fuste de *Eucalyptus citriodora*, como pode ser constatado no esquema da Figura 10. Comportamento semelhante foi descrito por Evans *et al.* (2000), Megraw (1985), Senft *et al.* (1985), Thomas (1985) e Zobel e Van Buijtenen (1989).

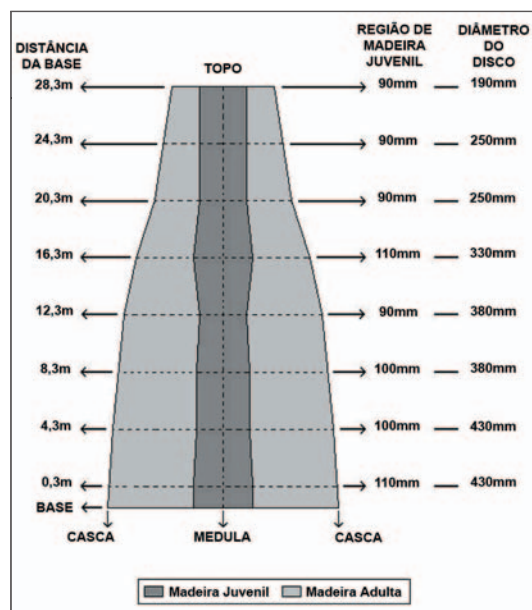


Figura 10. Esquema das regiões de madeira juvenil e adulta no fuste de *Eucalyptus citriodora*. (Outline of the mature and juvenile wood zones in the stem of *Eucalyptus citriodora*)

CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados para a madeira de *Eucalyptus citriodora* conclui-se que:

- O comprimento das fibras aumentou na direção radial do fuste, no sentido medula-casca;
- A região de madeira juvenil ocorre desde a medula até os primeiros 45-55 mm, área onde as fibras tiveram maior aumento no comprimento;
- A tendência apresentada no comprimento das fibras confirmou o padrão de variação nos sentidos transversal e longitudinal do tronco, em espécies de rápido crescimento do gênero *Eucalyptus*.

AUTORES

Fred Willians Calonego é Engenheiro Florestal e aluno do curso de Pós-graduação em Agronomia – Energia na Agricultura da UNESP – Universidade Estadual Paulista - Departamento de Re-

ursos Naturais – Fazenda Lageado, s/n – Caixa Postal 237 – Botucatu, SP – 18603-970 – E-mail: fwcalonego@ig.com.br

Elias Taylor Durgante Severo é Professor Assistente Doutor da UNESP – Universidade Estadual Paulista - Departamento de Recursos Naturais – Fazenda Lageado, s/n – Caixa Postal 237 – Botucatu, SP – 18603-970 – E-mail: severo@fca.unesp.br

Priscila Paula Assi é Engenheira Florestal graduada na UNESP – Universidade Estadual Paulista - Departamento de Recursos Naturais – Fazenda Lageado, s/n – Caixa Postal 237 – Botucatu, SP – 18603-970 – E-mail: priassi@ig.com.br

REFERÊNCIAS

- ABUTER, R.A.A. Estudio de algunas propiedades físicas de la madera juvenil de *Eucalyptus globulus* L. crecido en Chile. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 3, 1989, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC / LA-MEM, 1989. p.233-242.
- BALLARIN, A.W.; LARA PALMA, H.A. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.371-380, 2003.
- BENDTSEN, B.A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, Madison, v.28, n.10, p.61-72, 1978.
- DADSWELL, H.E. Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties. **Wood Science**, Madison, v.1, p.11-32, 1958.
- ERICKSON, H.D.; HARRISON, A.T. Douglas-fir wood quality studies: part 1 – effects of age and simulate growth on wood density and anatomy. **Wood Science Technology**, New York, v.8, p.225-265, 1974.
- EVANS II, J.W.; SENFT, J.F.; GREEN, D.W. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. **Forest Products Journal**, Madison, v.50, n.7/8, p.75-87, 2000.
- HILLES, W.E. Wood quality and utilization. In: HILLIS, W.E.; BROWN, A.G., ed. **Eucalyptus for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978.

KRAHMER, R. Fundamental anatomy of juvenile and mature wood. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1985, Washington. **Proceedings...** Madison: Forest Products Research Society, 1986. p.12-16.

- MAEGLIN, R.R. Juvenile wood, tension wood, and growth stresses effects on processing hardwoods. In: APPLYING THE LATEST RESEARCH HARDWOODS: PROCEEDINGS OF THE ANNUAL HARDWOOD SYMPOSIUM OF THE HARDWOOD RESEARCH COUNCIL, 15, 1987, Memphis. **Proceedings...** Memphis: Hardwood Research Council, 1987. p.100-108.
- MASSEY, J.G.; REEB, J.E. A method for estimating juvenile wood content in boards. **Forest Products Journal**, Madison, v.39, n.2, p.30-32, 1989.
- MEGRAW, R.A. **Wood quality factors in loblolly pine**. Georgia: TAPPI Press Atlanta, 1985. 89 p.
- OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- PLUMPTRE, R.A. **Pinus caribaea: wood properties**. Oxford: Oxford University Press, 1983. 145 p. (Tropical Forestry Paper, n.17)
- RICHARDSON, S.D. The effect of night temperature on tracheid size and wood density in conifers. In: INTERNATIONAL BOTANICAL CONGRESS, 9, 1959, Montreal. **Proceedings...** Montreal, 1959. p.2-326.
- SENF, J.F.; BENDTSEN, B.A.; GALLIGAN, W.L. Weak wood. **Journal of Forestry**, Bethesda, n.83, p.476-485, 1985.
- TAYLOR, F.W. Fiber length measurement: an accurate inexpensive technique. **Tappi**, Atlanta, v.58, n.12, p.126-127, 1975.
- THOMAS, R.J. The characteristics of juvenile wood. In: SYMPOSIUM ON UTILIZATION CHANGES ON WOOD RESEARCH SOUTH US, 1985. **Proceedings...** Raleigh, North Carolina State University, 1985. p.1-18.
- ZOBEL, B.J. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. In: IUFRO CONFERENCE, 1980, Oxford. **Proceedings...** Oxford: IUFRO, 1980. p.169-188.
- ZOBEL, B.J.; SPRAGUE, J.R. **Juvenile wood in forest trees**. New York: Springer-Verlag, 1998. 300 p.
- ZOBEL, B.J.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: Wiley, 1984. 511 p.
- ZOBEL, B.J.; VAN BUIJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. New York: Springer-Verlag, 1989. 363 p.
- ZOBEL, B.J.; KELLISON, R.C.; MATHIAS, M.F.; HATCHER, A.V. Wood density of the southern pines. **North Carolina Agricultural Experiment Station Technical Bulletin**, Raleigh, n.208, p.1-56, 1972